



TITLE:

1.高密度星におけるアクシオン制
動輻射(上智大学大学院理工学研究
科物理学専攻,修士論文題目・アブ
ストラクト(1988年度))

AUTHOR(S):

足立, 朋生

CITATION:

足立, 朋生. 1.高密度星におけるアクシオン制動輻射(上智大学大学院理
工学研究科物理学専攻,修士論文題目・アブストラクト(1988年度)). 物
性研究 1989, 52(6): 759-761

ISSUE DATE:

1989-09-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/93683>

RIGHT:

○上智大学大学院理工学研究科物理学専攻

- | | |
|---|---------|
| 1. 高密度星におけるアクシオン制動輻射 | 足 立 朋 生 |
| 2. 低エネルギー電子衝撃における Zn 原子スペクトルの偏光 | 江 口 真 一 |
| 3. 誘電体におけるアコースティック・エミッション | 広 瀬 晃 清 |
| 4. 希ガスの Auger 過程における PCI 効果 | 石 井 弘 之 |
| 5. 微小角電子散乱における He 原子の 2^1S 励起微分断面積の測定 | 森 孝 夫 |
| 6. GaAs 単結晶の光電子のエネルギー分光 | 佐 藤 和 夫 |
| 7. $C_{24}K$ (結晶) の E. S. R. に対する水素吸収の影響 | 菅 原 健 |
| 8. アルカリ土類イオンの電子衝突多重電離断面積の測定 | 住 田 太 志 |
| 9. $KNiF_3$ の格子振動の温度変化 | 高 岡 俊 英 |
| 10. CO_2 Sequence laser における緩和過程
(回転温度, 反転分布数比, 分子数密度絶対値の測定) | 横 山 康 久 |
| 11. 半導性強誘電体磁器板の屈曲現象 | 吉 崎 未来彦 |

1. 高密度星におけるアクシオン制動輻射

足 立 朋 生

【序論】

アクシオンは非常に相互作用の弱い粒子であり, 白色矮星や中性子星など高密度星の内部から容易に抜け出すことができ, もしこの粒子が存在すれば高密度星の冷却過程に重要な影響を及ぼすと考えられている。ところがあまりに相互作用が弱いため観測することが出来ず, その性質はまだ詳しく知られていない。従って, 白色矮星などの観測事実から結合定数や質量などを決定することは非常に興味深い問題である。Raffelt(1986) はアクシオン制動輻射によるエネルギー損失率を計算し, その結果と観測的にわかっている白色矮星の誕生率から結合定数を決定したが, 彼の計算にはプラズマ中における散乱問題を考えるとき当然考慮されるべきイオン相関についての考慮がなかった。今回我々はイオン相関を正確に考慮してアクシオン制動輻射によるエネルギー損失率を計算し, 結合定数などに対する考察を行った。

【定式化】

アクシオン制動輻射は

$$e^- + (Z, A) \rightarrow e^- + (Z, A) + a$$

の様に書かれる。ここで e^- は電子, (Z, A) は原子番号 Z , 質量数 A の原子核, a はアクションを表す。これを定式化すると,

$$\frac{L}{\rho} = 1.08 \times 10^{23} \text{ ergs g}^{-1} \text{ s}^{-1} \alpha_a \frac{Z^2}{A} T_7^4 F,$$

$$F_{\text{liquid}} \equiv \left(\frac{m_e}{k_F}\right)^2 \int_0^1 dq q \frac{S(q) |f(q)|^2}{|q^2 \epsilon(q, 0)|^2} H(q),$$

$$F_{\text{lattice}} \equiv \frac{1}{12Z} \left(\frac{m_e}{k_F}\right)^2 \sum_q \frac{|f(q)|^2 \exp[-2W(q)]}{q |q^2 \epsilon(q, 0)|^2} H(q),$$

$$F_{\text{phonon}} \equiv \frac{\delta}{\gamma^3} S(\eta) \frac{1}{12Z} \left(\frac{m_e}{k_F}\right)^2 \sum_q \frac{|f(q)|^2 \exp[-2W(q)]}{q^3 |\epsilon(q, 0)|^2} H(q),$$

$$\alpha_a = \frac{g^2}{4\pi}, \quad \delta = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2Mk_B T}, \quad \eta = 0.4336 \gamma, \quad \gamma = \frac{\hbar \omega_p}{k_B T}, \quad q = \frac{k}{2k_F},$$

g : アクションと電子の結合定数

m_e : 電子の質量

$f(q)$: 原子核の有限の大きさを

$S(\eta)$: フォノンの寄与に関する γ の関数

考慮した atomic form factor

ω_p : プラズマ振動数

$S(q)$: イオンの静的構造因子

$H(q)$: q の関数

k_F : 電子のフェルミ波数

T_7 : 10^7 K を単位とした温度

$\epsilon(q, 0)$: 電子の dielectric function

$\exp[-2W(q)]$: Debye-Waller factor

となる。 F_{liquid} , F_{lattice} はそれぞれ液相の場合と固相の場合の F を表している。又 F_{phonon} はフォノンの寄与を考えた場合の値であり, 固相の場合の実際の F の値は, F_{lattice} と F_{phonon} を足したものになる。

【数値結果】

Fig. 1, 2, 3 はそれぞれ ^{12}C , ^{56}Fe , 及び中性子星物質においてイオン相関による影響を示したグラフであり, Fig. 4, 5, 6 は同様に ^{12}C , ^{56}Fe , 及び中性子星物質について今度は固相の場合において, フォノン過程の寄与を示したグラフである。ここで Γ は静電エネルギーと熱エネルギーの比 $\Gamma = (Ze)^2 / (ak_B T)$ で $\Gamma < 178$ の時液相状態, $\Gamma > 178$ の時固相状態である事がシミュレーションからわかっている。ここで a はイオン球半径である。また Fig. 4, 5, 6 においては上側の曲線が F_{lattice} , 下側の曲線が F_{phonon} をそれぞれ表している。

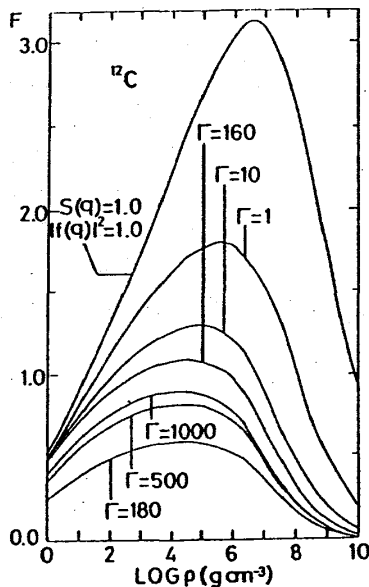


Fig. 1

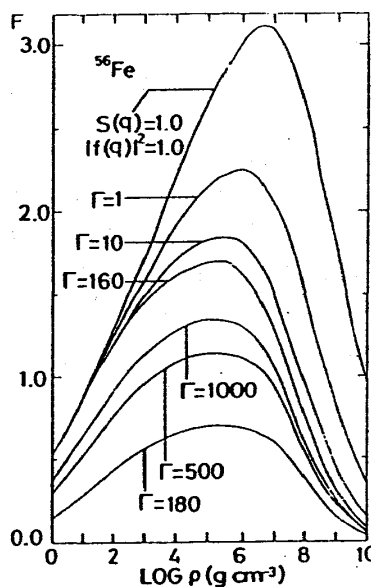


Fig. 2

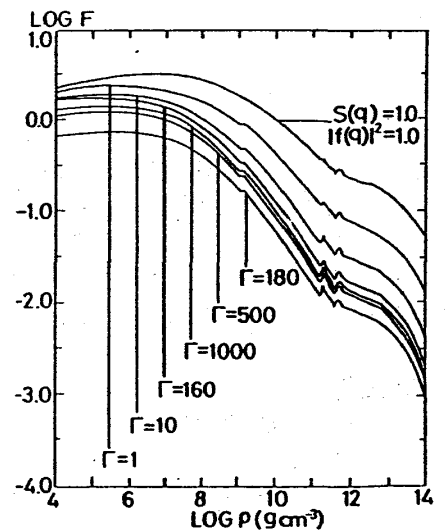


Fig. 3

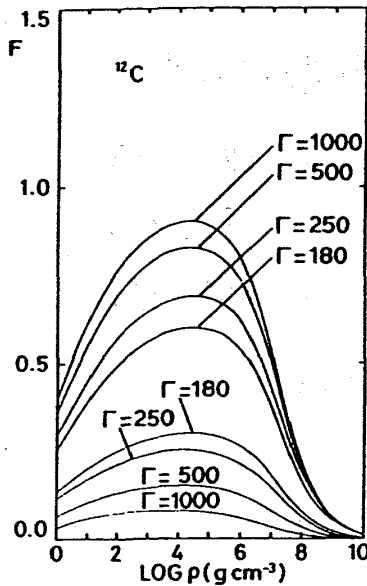


Fig.4

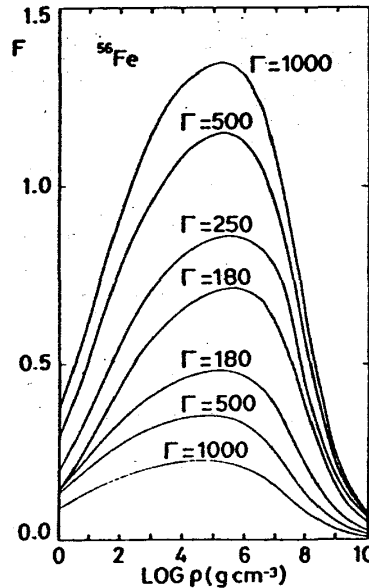


Fig.5

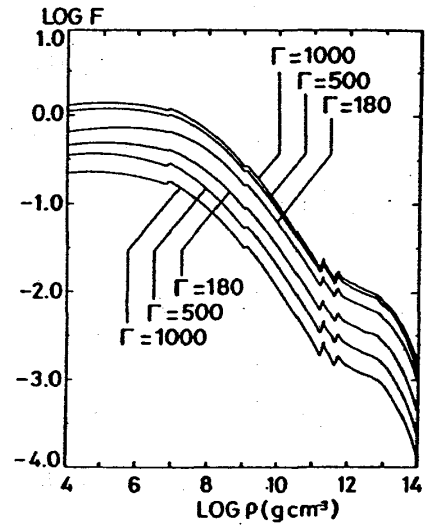


Fig.6

【 結論 】

数値結果から

- ・イオン相関はアクシオン制動輻射によるエネルギー損失率を factor 2-50 小さくする。
- ・融点付近においてフォノンの寄与によるエネルギー損失率はそれを考慮しない場合の約 0.6 倍となった。
- ・ $\Gamma > 178$ の時, F_{lattice} と F_{phonon} を加え合わせた値はほとんど温度依存性を持たない。ということがわかる。ところで Raffelt はアクシオンに関する bound を $g < 4 \times 10^{-13}$, $m_a < 3 \times 10^{-2} [\text{eV}]$ と決定したが, 彼はこの結果に 3割程度の誤差を考えているため, イオン相関を考慮してもこの bound を変更する必要はない。尚, この内容に関しては, Nakagawa, Kohyama, and Itoh (1987) 及び Nakagawa et al. (1988) により発表済みである。

References

- Nakagawa, M., Adachi, T., Kohyama, Y., and Itoh, N. 1988, Ap. J., 326, 241.
 Nakagawa, M., Kohyama, Y., and Itoh, N. 1987, Ap. J., 322, 291.
 Raffelt, G. G. 1986, Phys. Letters, 166B, 402.

2. 低エネルギー電子衝撃におけるZn原子スペクトルの偏光

江 口 真 一

【目的】

スピン偏極していない低エネルギーの電子線 ($E \approx 10 \text{ eV}$) を Zn ($Z=30$) 原子線に衝突させ、その際の励起発光スペクトル ($\lambda = 460 \sim 480 \text{ nm}$) の偏光特性について測定した。この時の励起発光のプロセスを以下に示す。